

мат-лы Междунар. конф. (Горно-Алтайск, 22–26 сент. 2008 г.). – Горно-Алтайск, 2008. – Ч. 1. – С. 246–250.

11. Кардашевская В.Е. Состояние особей и виталитетный состав терескена ленского (*Krascheninnikovia lenensis* (Kumin.) Tzvel.) на Средней Лене // Ботанические сады в XXI веке: сохранение биоразнообразия, стратегия развития и инновационные решения: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. (Белгород, 18–21 мая 2009 г.). – Белгород: Политерра, 2009. – С. 138–143.



УДК 581.135.51:581.54

И.Д. Зыкова

### ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ВОЛОДУШКИ КОЗЕЛЕЦЕЛИСТНОЙ (*BUPLEURUM SCORZONERIFOLIUM* L.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

В статье рассматривается компонентный состав эфирного масла надземной части володушки козелецелистной (*Bupleurum scorzonerifolium* L.), зафиксированный автором в период исследований 2009–2014 гг. Отмечено, что качественный состав основных составляющих эфирного масла в разные годы остается постоянным, хотя и изменяется его количественное содержание. По мере роста экстремальности погодных условий наблюдается повышенное содержание сесквитерпенов и кислородсодержащих соединений в составе масла.

**Ключевые слова:** володушка козелецелистная (*Bupleurum scorzonerifolium* L.), эфирное масло, компонентный состав, гидротермический коэффициент экстремальности.

I.D. Zyкова

### THE CHANGE OF THE ESSENTIAL OIL COMPOSITION OF THE THOROUGHWAX (*BUPLEURUM SCORZONERIFOLIUM* L.) GROWING IN THE SIBERIAN REGION DEPENDING ON METEOROLOGICAL CONDITIONS

The essential oil component composition of the thoroughwax (*Bupleurum scorzonerifolium* L.) elevated part that was recorded by the author during the research of 2009–2014 is considered in the article. It is noted that the qualitative structure of the essential oil main components in different years remains constant though their quantitative content changes. In the process of the weather condition extremeness growth the increased content of sesquiterpenes and oxygen-containing connections in the oil structure is observed.

**Key words:** thoroughwax (*Bupleurum scorzonerifolium* L.), essential oil, component structure, hydrothermal coefficient of extremeness.

**Введение.** Володушка козелецелистная (*Bupleurum scorzonerifolium* L.), получившая в народной медицине название волчьего дуба, – многолетнее полукарпическое травянистое растение семейства Зонтичных высотой до 70 см. Вид распространен на Алтае, в Туве, а также в степных районах Красноярского края, в Прибайкалье и Зауралье, реже в Приморье и Приамурье. Отдельные фрагменты ареала отмечены в Монголии и Китае [1].

Растение содержит аскорбиновую кислоту, каротин, флавоновые гликозиды и сапонины, дубильные вещества и эфирные масла [2], часто применяется в сложных рецептах в традиционной медицине стран Азии в качестве тонизирующего и общеукрепляющего средства. Корни *B. scorzonerifolium* в китай-

ской и корейской медицине используют при импотенции, а также как мочегонное и противовоспалительное средство [3]. Работами сибирских ученых выявлено желчегонное и сокогонное действие надземных частей *B. scorzonerifolium* на желудок, поджелудочную железу и печень [4].

Обширный ареал и популярность в народной медицине создают объективные предпосылки для детального изучения володушки козелецелистной с целью внедрения в медицинскую практику. Из доступной научной литературы встретилась только одна [5], посвященная исследованию состава эфирного масла корней *B. scorzonerifolium*, произрастающая в Китае. Ранее автором статьи был исследован компонентный состав эфирного масла володушки козелецелистной Сибирского региона. В работе [6] представлены результаты хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла надземной части *B. scorzonerifolium*, произрастающей в Красноярском крае, полученного в 2013 г.

Известно, что состав эфирных масел зависит не только от фазы вегетации и исследуемого органа растения, но и от влажностно-температурных условий места произрастания растения. Поэтому представляло интерес провести сравнительный анализ компонентного состава эфирного масла *B. scorzonerifolium* за период эксперимента с 2009 по 2014 г., учитывая резко континентальный характер климата Красноярского края, для которого характерны сильные колебания температур воздуха в течение года и неравномерное распределение осадков по месяцам.

**Цель исследований.** Изучение влияния метеорологических условий места произрастания на компонентный состав эфирного масла надземной части *B. scorzonerifolium*.

**Задачи исследований.** Хромато-масс-спектрометрический анализ компонентного состава эфирного масла *B. scorzonerifolium*.; сравнение динамики компонентов эфирного масла за период эксперимента; изучение влияния погодных условий на состав эфирного масла.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили каждый год в июле с 2009 по 2014 г. в естественных популяциях *B. scorzonerifolium* окрестностей г. Красноярска. Надземную часть растения собирали в сухую погоду в фазу цветения на шести разных площадках, находящихся друг от друга на расстоянии 20–30 км. Собранные образцы сушили на воздухе в подвешенном состоянии при температуре окружающей среды в затененном месте.

Для получения эфирного масла готовили объединенную пробу смешением измельченного воздушно-сухого сырья, собранного с разных площадок. Затем методом последовательного квартования выделяли среднюю пробу в количестве 1000–1200 г, обеспечивающей полную загрузку цельнометаллической емкости, входящей в состав установки для получения эфирного масла [7].

Эфирное масло из надземной части *B. scorzonerifolium* получали методом исчерпывающей гидропародистилляции из воздушно-сухого сырья в течение не менее 9 ч до прекращения выделения эфирного масла. Загрузка сырья составляла 1200 г. Количественно собранное в насадке Клевенджерера эфирное масло отстаивали, высушивали над  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , после чего пробу помещали в виалу из темного стекла объемом 1,5 мл с плотно закрытой крышкой, которая до анализа хранилась в холодильнике.

Хромато-масс-спектрометрический анализ проводили на хроматографе Agilent Technologies 7890 А с квадрупольным масс-спектрометром MSD 5975 С в качестве детектора с использованием 30-метровой кварцевой колонки HP-5 (5 %-дифенил – 95 %-диметилсилоксан) с внутренним диаметром 0,25 мм. Температура испарителя 280°C, температура источника ионов 173°C, газ-носитель – гелий – 1 мл/мин. Температура колонки: 50°C (2 мин), программируемый нагрев 50–270°C со скоростью 4°C в 1 мин, изотермический режим при 270°C в течение 10 мин.

Содержание отдельных компонентов оценивали по площадям пиков, а их идентификацию производили на основе сравнения линейных индексов удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонентов эталонных масел и чистых соединений. Для идентификации также использовали данные библиотеки масс-спектров Wiley275 (275 тыс. масс-спектров) [8] и атласа масс-спектров и линейных индексов удерживания [9].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Эфирное масло надземной части *B. scorzonerifolium* представляет собой легкоподвижную жидкость светло-зеленого цвета легче воды. Выход масла в зависимости от года сбора менялся незначительно и в среднем составил  $0,2 \pm 0,01$  %. Малое количество полученного масла не позволило нам определить его физико-химические пара-

метры (плотность, показатель преломления). Согласно данным хромато-масс-спектрометрического анализа, в эфирном масле *B. scorzoniferolium* содержится более 40 компонентов. 44 компонента являются известными соединениями и легко идентифицируются (табл. 1). Отмечено отсутствие в составе масла углеводов и преобладание монотерпенов. Основными компонентами являются *транс*- $\beta$ -оцимен, гермакрен D, лимонен и  $\beta$ -мирцен. В составе масла полностью отсутствуют карифиллен и бицикросесквифелландрен, являющиеся, согласно [10], основными компонентами эфирного масла надземной части володушки золотистой. Это свидетельствует о своеобразии исследуемого вида и необходимости изучения, помимо эфирного масла, и других биологически активных веществ, присущих *B. scorzoniferolium*.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что эфирное масло *B. scorzoniferolium* сохраняет качественный состав за все годы наблюдений.

Таблица 1

**Содержание основных компонентов эфирного масла в зависимости от года сбора надземной части *B. scorzoniferolium***

Линейный индекс удерживания	Компонент	Содержание компонента, % от цельного масла					
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Монотерпены</b>							
932	$\alpha$ -пинен	0,5	0,8	0,5	0,6	1,0	1,0
973	Сабинен	3,1	2,0	3,1	1,8	2,9	2,8
975	$\beta$ -пинен	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9
995	$\beta$ -мирцен	10,6	8,2	9,6	8,0	10,8	9,8
1010	$\beta$ -карен	0,8	1,0	0,8	0,8	1,1	1,1
1017	$\alpha$ -терпинен	0,8	0,6	0,8	0,6	0,9	0,9
1024	<i>n</i> -цимол	6,2	5,8	6,2	5,8	7,1	7,1
1028	Лимонен	10,2	8,4	10,2	8,2	11,0	11,0
1038	<i>цис</i> - $\beta$ -оцимен	1,8	1,0	1,8	1,0	1,4	1,4
1048	<i>транс</i> - $\beta$ -оцимен	11,2	8,6	10,2	8,4	12,8	12,8
1058	$\gamma$ -терпинен	3,2	2,0	3,1	2,0	2,9	2,9
1088	Терпинолен	0,8	0,2	0,8	0,2	0,5	0,5
Всего		49,8	39,2	47,7	38,0	53,3	52,2
<b>Сесквитерпены</b>							
1378	$\alpha$ -копаен	0,9	1,3	1,4	1,3	0,9	0,8
1392	$\beta$ -элемен	1,0	1,6	1,8	1,3	1,0	1,0
1412	Изокариофиллен	1,9	2,3	1,8	2,3	1,9	1,9
1444	<i>транс</i> - $\beta$ -фарнезен	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6
1445	Изогермакрен D	0,7	1,0	0,7	1,0	0,7	0,7
1484	Гермакрен D	12,1	16,4	14,6	16,1	12,1	12,1
1500	Бициклогермакрен	1,6	3,0	1,4	2,0	1,6	1,6
1518	( <i>Z</i> )- $\gamma$ -бисаболен	0,8	1,8	0,8	1,8	0,8	1,1
1527	$\delta$ -кадинен	2,0	3,4	2,5	2,4	2,0	2,0
1565	$\beta$ -калакорен	0,4	0,8	0,8	0,8	0,4	0,8
Всего		24,8	32,4	26,4	30,0	22,0	24,2

1	2	3	4	5	6	7	8
Кислородсодержащие соединения							
1033	Бензиловый спирт	1,0	1,7	1,0	1,3	1,5	1,2
1041	Салициловый альдегид	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2
1100	Линалоол	2,4	2,4	2,4	2,2	2,2	2,0
1101	Периллен	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,4
1177	Терпинен-4-ол	2,2	2,1	2,2	2,1	2,0	1,8
1191	α-терпинеол	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4
1192	Метилсалицилат	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6	0,4
1197	Дигидроцитронеллол	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,4
1385	Геранилацетат	0,8	0,6	0,8	0,6	0,4	0,6
1391	n-октилбутаноат	1,0	1,5	1,0	1,2	0,8	1,0
1423	Линалилбутаноат	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5
1568	Минтоксид	1,6	1,4	1,6	1,8	2,0	1,4
1580	Спатуленол	3,4	3,7	3,4	3,6	3,0	3,0
1586	Кариофиллен оксид	1,7	1,8	1,8	1,6	1,6	1,4
1604	(Z)-изоэлемицин	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7	0,6
1640	Изоспатуленол	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5
1643	τ-кадинол	1,0	1,2	1,0	1,0	1,1	1,0
1649	δ-кадинол	0,8	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5
1658	α-кадинол	1,8	1,8	1,8	1,6	1,9	1,6
1684	(E)-азарон	1,0	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
1686	эпи-α-бисаболол	1,0	1,2	1,2	1,2	1,0	1,1
1712	Пентадеканаль	1,2	1,2	1,3	1,0	1,3	1,3
-//-	-//-	0,18	0,27	0,25	0,37	0,17	0,15
Всего		25,2	28,0	25,8	31,8	24,6	22,8

Количественное содержание многих компонентов эфирного масла зависит от года сбора сырья. Для того чтобы оценить экстремальность погодных условий в разные годы, нами был вычислен гидротермический коэффициент экстремальности ( $k_{\text{экстр}}$ ) (табл. 2), который представляет собой отношение средней температуры ( $t$  °C) месяцев вегетации до сбора (май-август) к среднему количеству осадков выпавших в эти месяцы (мм) (табл. 2):

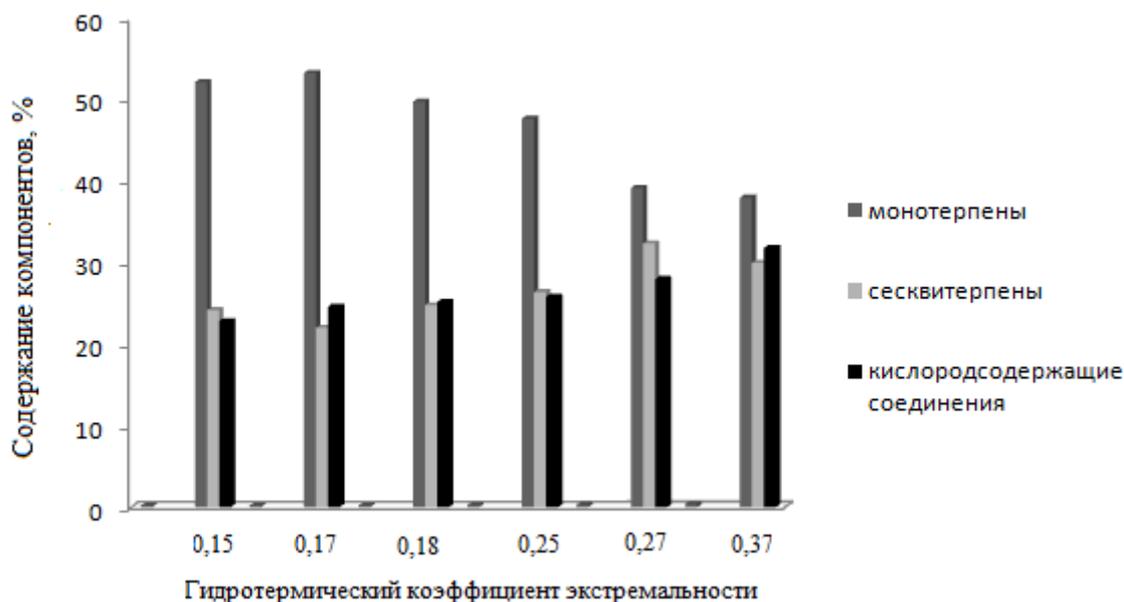
$$k_{\text{экстр}} = \frac{\text{Среднемесячная температура за май+июнь+июль+август}}{\text{Сумма осадков за май+июнь+июль+август}}$$

Таблица 2

**Данные по расчету гидротермического коэффициента экстремальности**

Год сбора	Средняя температура с мая по август, °C	Среднее количество выпавших осадков с мая по август, мм	Гидротермический коэффициент экстремальности $k_{\text{экстр}}$
2009	14,75	80,0	0,18
2010	14,80	55,5	0,27
2011	15,65	62,5	0,25
2012	16,28	44,5	0,37
2013	14,40	85,75	0,17
2014	14,60	96,5	0,15

Анализ данных, представленных в табл. 1, подтверждает зависимость компонентного состава от года сбора, а учитывая индивидуальные для каждого года температурно-влажностные характеристики, позволяет сделать вывод о зависимости состава от метеорологических факторов места произрастания растения (рис.).



Изменение состава эфирного масла *B. scorzonifolium* в зависимости от метеорологических факторов за период эксперимента

Установлено, что с увеличением значения гидротермического коэффициента экстремальности наблюдается тенденция к уменьшению содержания монотерпенов и увеличению количества сесквитерпенов и кислородсодержащих соединений, причем соотношение последних в составе эфирного масла независимо от года сбора сырья составляет примерно 1:1.

**Заключение.** Сравнение динамики компонентов эфирного масла *B. scorzonifolium* в течение шести лет подряд при сборе сырья в одно и то же время в одной и той же ценопопуляции показывает, что по мере возрастания экстремальности погодных условий качественный состав наземной части *B. scorzonifolium*, произрастающей в Сибирском регионе, остается постоянным, что свидетельствует о высоком адаптационном потенциале растения. Увеличение содержания в эфирном масле кислородсодержащих соединений и сесквитерпенов является, по-видимому, откликом на недостаточное количество влаги в летний период.

### Литература

1. Ареалы лекарственных и родственных растений СССР. – Л., 1983. – 208 с.
2. Махов А.А. Зеленая аптека. – Красноярск: Кн. изд-во, 1993. – 528 с.
3. Pharmacopoeia of the peoples Republic of China. – Guangzhou: Guangdong science and technology Press, 1992.
4. Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1970. – 271 с.
5. Essential oil analyses of the root oils of Bupleurum species from China /X. Li, Z. He, K. Bi [et al.] // Journal of Essential oil research. – 2007. – Vol. 19. – № 3. – P. 234–238.
6. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Володушка козелецелистная: компонентный состав эфирного масла наземной части // Сиб. мед. журн. – 2014. – № 2. – С. 89–90.
7. Ефремов А.А., Зыкова И.Д. Компонентный состав эфирных масел хвойных растений Сибири: монография. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2013. – 132 с.

8. *McLafferty F.W.* The Wiley. NBS Registry of Mass Spectral Data; Wiley. – London, 1989.
9. *Ткачев А.В.* Исследование летучих веществ растений. – Новосибирск: Наука, 2008.
10. *Зыкова И.Д., Ефремов А.А.* Изучение компонентного состава эфирного масла и минерального состава володушки золотистой Сибирского региона // Химия растительного сырья. – 2013. – № 1. – С. 119–124.



УДК 551.8; 631.4 (4)

*О.В. Турыгина, Г.А. Демиденко*

### РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭКОСИСТЕМ ПОЙМЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ЕНИСЕЙ

*В статье представлены результаты исследований эволюции пойменных экосистем среднего течения реки Енисей. В основу реконструкции положены данные о состоянии почвенного покрова в голоцене, так как палеопочвы являются реперами в структуре экосистем.*

**Ключевые слова:** *пойма, экосистема, эволюция, реконструкция, голоцен, климатические периоды голоцена, потепление, климат, палеопочвы.*

*О.В. Turygina, G.A. Demidenko*

### RECONSTRUCTION OF THE FLOODPLAIN ECOSYSTEMS OF THE YENISEI RIVER MIDDLE REACHES

*The research results on the evolution of the floodplain ecosystems of the Yenisei River middle reaches are presented in the article. The data on the soil cover condition in the Holocene are laid in the foundation of the reconstruction as the paleo-soils are the reference points in the ecosystem structure.*

**Key words:** *floodplain, ecosystem, evolution, reconstruction, Holocene, Holocene climatic periods, warming, climate, paleo-soils.*

---

**Введение.** Изменение климата, происходившее в течение геологического времени, представляет значительный экологический интерес, так как организмы должны были эволюционировать в соответствии с этими изменениями.

Климат – главный фактор, определяющий характер растительности. Как климат, так и растительность, оказывают решающее влияние на процесс почвообразования и на состав животного мира, населяющего данную местность. Существует параллелизм между концепцией почвообразования и концепцией развития экологических сообществ.

Почва – ключевой компонент наземной экосистемы, так как многие процессы, имеющие решающее значения, происходят в почве. Широко известен афоризм В.В. Докучаева: "Почва – зеркало ландшафта". Компоненты экосистемы прошлых геологических эпох находились в таких же сложных взаимодействиях, как и современные. Человек, как часть экосистемы, соизмерял свой образ жизни с изменениями условий природной среды за весь период своего существования. Палеопочвы являются реперами в состоянии экосистемы [11, 1, 12, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16 и др.] .

Голоценовое время – современное потепление – позволяет выполнять более точные реконструкции, так как «с приближением к современности объем палеоклиматической информации стремительно возрастает за счет временной детализации климатических событий» [9].

**Цель исследований.** Реконструкция экосистем поймы среднего течения реки Енисей в голоцене.